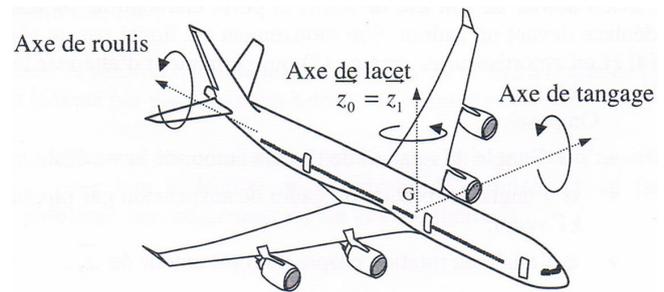


# DYNAMIQUE

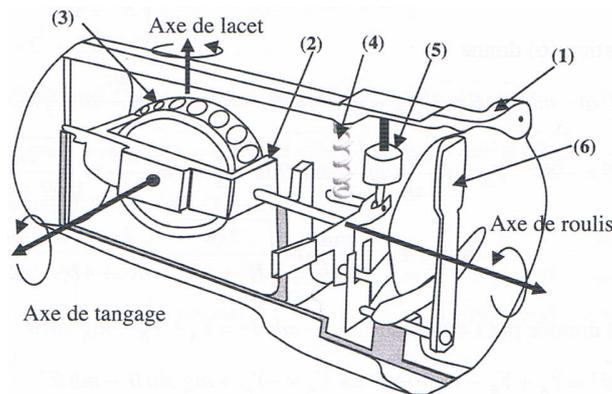
## INDICATEUR DE VIRAGE

### 1 Présentation

Les mouvements d'un avion **1** dans l'espace sont au nombre de 3 (le lacet, le roulis et le tangage) comme indiqué sur la figure ci-contre. Dans ce problème, on s'intéresse uniquement au mouvement de lacet et on fait donc l'hypothèse que l'avion vire « à plat » (pas de tangage, ni de roulis :  $\vec{z}_1$  reste vertical et parallèle à  $\vec{z}_0$ ).



Un gyromètre ou indicateur de virage est un appareil utilisé en navigation aérienne pour visualiser la rotation en lacet d'un avion **1**. Il est constitué d'un rotor **3** dont l'axe est confondu avec l'axe de tangage de l'avion. C'est une suspension « un axe » dont l'axe du rotor ne peut pivoter qu'autour de l'axe de roulis de l'avion.

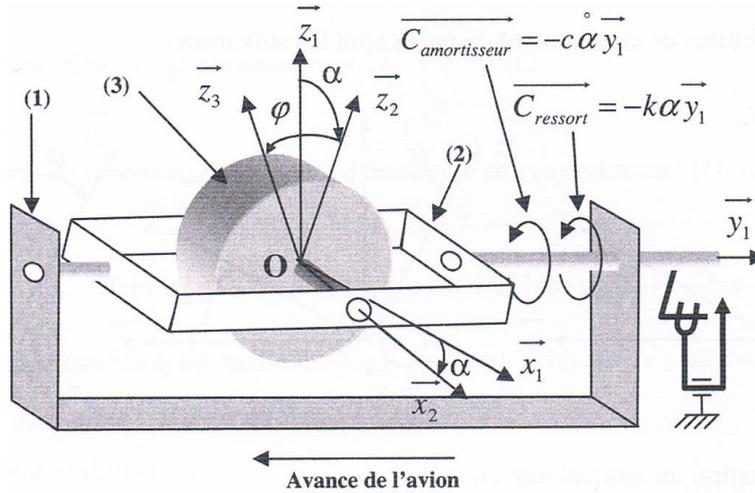


Repère	Nom	Repère	Nom
1	Bâti lié à l'avion	4	Ressort de rappel
2	Cadre	5	Amortisseur
3	Rotor	6	Aiguille

Le rotor **3** muni d'augets à sa périphérie est actionné par un jet d'air comprimé (non représenté sur la figure). Sa fréquence de rotation  $\omega$  atteint 6000 tr/min.

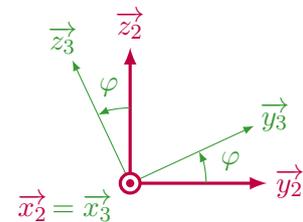
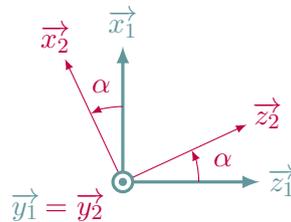
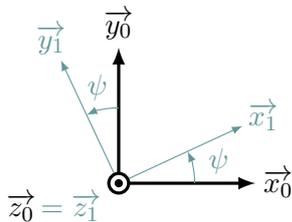
Le cadre de suspension **2** du rotor est en liaison pivot par rapport à l'avion autour de son axe de roulis et porte une aiguille indicatrice **6** qui se déplace devant un cadran. Son mouvement est limité par un ressort de torsion **4** et un amortisseur de torsion **5** qui permettent d'atténuer les vibrations de l'ensemble.

## 2 Données



On associe à la terre la base  $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$  avec  $\vec{z}_0$  axe vertical ascendant. On pose :

- $\psi$  l'angle de rotation de l'avion autour de la verticale  $\vec{z}_0$ ,
- $\alpha$  l'angle de rotation du cadre de suspension par rapport au cadran lié à l'avion,
- $\varphi$  ça l'angle de rotation propre du rotor autour de  $\vec{x}_2$ .



On note  $k$  la raideur du ressort en torsion et  $c$  la constante d'amortissement de l'amortisseur en torsion. On considère la matrice d'inertie du rotor suivante :

$$\bar{I}_{(O,3)} = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & B \end{pmatrix}_{b_2} \quad \text{avec } A = 14,8 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$

On néglige la masse et l'inertie de  $\{2, 6\}$  par rapport à celle de **3**. Les centres d'inertie du rotor et du cadre de suspension coïncident avec le point  $O$ .

### Objectif

L'objectif de cette étude est de comprendre comment dimensionner l'amortissement du système de mesure pour améliorer la fiabilité de la lecture de la vitesse de rotation.

### 3 Travail demandé

**Question 1** Établir l'équation différentielle en  $\alpha$  du mouvement du cadre **2** lors d'un virage de l'avion en vitesse de rotation  $\dot{\psi} = \Omega = \text{cste}$ .

**Question 2** Montrez qu'en régime stabilisé ( $\dot{\alpha} = 0$  et  $\ddot{\alpha} = 0$ ) une déviation faible de l'aiguille  $\alpha$  est proportionnelle à la vitesse angulaire  $\Omega$  de l'avion.

**Question 3** Comment peut-on faire varier la sensibilité du système  $\frac{d\Omega}{d\alpha}$  ?

**Question 4** Quelle est la valeur de  $k$  pour qu'une fréquence angulaire moyenne du mouvement de lacet  $\Omega = 0,5 \text{ tr/min}$  corresponde à une déviation de l'aiguille de  $15^\circ$  ?

**Question 5** Donner le sens de rotation du rotor pour qu'un virage à droite de l'avion soit indiqué par une déviation à droite de l'aiguille.

**Question 6** Quelles sont les conditions à vérifier par la constante d'amortissement  $c$  pour que la lecture de la vitesse de rotation  $\Omega$  se fasse sans problème (amortissement rapide des oscillations) ?